

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-133198

(P2003-133198A)

(43)公開日 平成15年5月9日(2003.5.9)

(51)Int.Cl.
H 01 L 21/027
G 03 F 7/20識別記号
5 2 1F I
G 03 F 7/20
H 01 L 21/30マーク(参考)
5 2 1 5 F 0 4 6
5 1 5 D
5 1 6 F

審査請求 未請求 請求項の数10 O.L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2001-322368(P2001-322368)

(22)出願日 平成13年10月19日(2001.10.19)

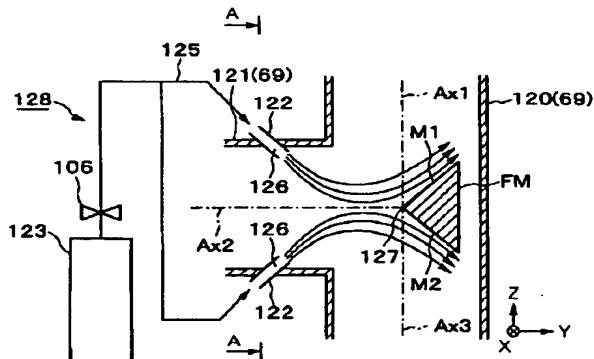
(71)出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72)発明者 長坂 博之
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
(72)発明者 大和 壮一
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
(74)代理人 100064908
弁理士 志賀 正武 (外3名)
F ターム(参考) 5P046 AA22 BA03 CA08 CB02 CB03
CB12 CB23 CB25

(54)【発明の名称】 光学装置、露光装置、並びにデバイスの製造方法

(57)【要約】

【課題】 空間に導入されるガスの流れの影響による反射部材の振動や位置ずれを防止し、安定した光学性能を有する光学装置を提供する。

【解決手段】 所定のガスが導入される空間内に互いに所定の角度をなす2つの反射面M1, M2を有する反射部材FMが配される光学装置PLにおいて、所定のガスの流れの状態が2つの反射面M1, M2でほぼ同じになるように空間内に前記所定のガスを導入するガス導入装置128を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定のガスが導入される空間内に互いに所定の角度をなす2つの反射面を有する反射部材が配される光学装置において、

前記所定のガスの流れの状態が前記2つの反射面ではなく同じになるように前記空間内に前記所定のガスを導入するガス導入装置を備えることを特徴とする光学装置。

【請求項2】 前記所定のガスの流れの状態は、前記2つの反射面のそれそれにおける前記所定のガスの流れる方向を含むことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【請求項3】 前記ガス導入装置は、前記2つの反射面のうち、一方の反射面を含む面と、他方の反射面を含む面とが交差してできる稜線の正面側、背面側、及び側面側のうちのいずれか一側から前記稜線に向けて流れるように前記所定のガスを導入することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光学装置。

【請求項4】 前記ガス導入装置は、前記2つの反射面における乱流が抑制される流量差で、前記2つの反射面に向けて前記所定のガスを導入する複数の導入口を有することを特徴とする請求項1から請求項3のうちのいずれか一項に記載の光学装置。

【請求項5】 前記ガス導入装置は、前記所定のガスを前記空間内に導入するための導入口に配されるフィンを有することを特徴とする請求項4に記載の光学装置。

【請求項6】 前記空間内における前記所定のガスの流れの乱れを抑制する乱れ抑制部材を有することを特徴とする請求項1から請求項5のうちのいずれか一項に記載の光学装置。

【請求項7】 前記乱れ抑制部材は、前記2つの反射面と連続する面を有することを特徴とする請求項6に記載の光学装置。

【請求項8】 前記乱れ抑制部材は、前記反射鏡を支持する支持部材であることを特徴とする請求項6または請求項7に記載の光学装置。

【請求項9】 パターンが形成されたマスクをビームにより照明する照明光学系と、前記マスクのパターンを基板上に転写する投影光学系とのうちの少なくとも一方を、請求項1から請求項8のいずれか一項に記載の光学装置で構成することを特徴とする露光装置。

【請求項10】 リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では請求項9に記載の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体集積回路、CCD等の撮像素子、液晶ディスプレイ、または薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィ技

術を用いて製造する方法、その製造時に用いられる露光装置、及びその露光装置に好適な光源装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路等のマイクロデバイスの回路パターンの微細化に伴い、ステッパー等の露光装置で使用される露光用の照明光（露光ビーム）の波長は年々短波長化してきている。すなわち、露光ビームとしては、従来主に使用されてきた水銀ランプのi線（波長：365 nm）やg線（波長：436 nm）に代わってKrFエキシマレーザ光（波長：248 nm）が主流となってきており、さらに、それよりも短波長のArFエキシマレーザ光（波長：193 nm）も実用化されつつある。また、さらなる露光ビームの短波長化を目的として、F₂レーザ（波長：157 nm）のようなハロゲン分子レーザ等の使用も試みられている。

【0003】波長約190 nm以下のビームは真空紫外域に属し、これらのビームは、空気を透過しない。これは、空気中に含まれる酸素分子・水分子・二酸化炭素分子などの物質（以下、吸光物質と称する）によってビームのエネルギーが吸収されるからである。

【0004】このため、真空紫外域の露光ビームを用いた露光装置において、被露光基板上に露光ビームを十分な照度で到達させるには、露光ビームの光路上の空間から吸光物質を低減もしくは排除する必要がある。例えば、F₂レーザを用いた露光装置では、その露光ビームの光路上のすべての空間を高純度の不活性ガスで充填（バージ）する必要がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、光路上の空間内に充填用のガスを導入する場合、そのガスの流れの影響で光学部材に振動や位置ずれが生じる恐れがある。特に、互いに所定の角度をなす2つの反射面を有する反射部材では、2つの反射面の間でのガスの流れの状態の違いによって、ガスの流れから各反射面が受ける力に差が生じ、上述した振動や位置ずれが生じやすい。反射部材にこうした振動や位置ずれが生じると、光が所望の位置に正しく届かず、光学性能の低下を招くことになる。

【0006】本発明は、上述する事情に鑑みてなされたものであり、空間内に導入されるガスの流れの影響による反射部材の振動や位置ずれを防止し、安定した光学性能を有する光学装置を提供することを目的とする。また、本発明の他の目的は、露光精度を向上させることができる露光装置、並びに、形成されるパターンの精度を向上させることができるデバイスの製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係る光学装置は、所定のガスが導入される空間内に互いに所定の角度をなす2つの反射面（M1,

M2)を有する反射部材(FM)が配される光学装置(PL)において、前記所定のガスの流れの状態が前記2つの反射面(M1, M2)でほぼ同じになるように前記空間内に前記所定のガスを導入するガス導入装置(128)を備えることを特徴とする。この光学装置(PL)では、空間内に導入される所定のガスの流れの状態が反射部材(FM)の2つの反射面(M1, M2)でほぼ同じになることから、ガスの流れの影響が2つの反射面(M1, M2)でほぼ同じとなり、反射部材(FM)の振動や位置ずれが防止される。ここで、「互いに所定の角度をなす2つの反射面を有する反射部材」としては、2つの反射面が1つの部材に形成されたもの、2つの反射面がそれぞれ異なる部材に形成されたものをともに含む。

【0008】この場合において、前記所定のガスの流れの状態は、前記2つの反射面(M1, M2)のそれぞれにおける前記所定のガスの流れる方向を含むとよい。

【0009】また、前記ガス導入装置(128)は、前記2つの反射面(M1, M2)のうち、一方の反射面(M1)を含む面と、他方の反射面(M2)を含む面とが交差してできる稜線(127)の正面側、背面側、及び側面側のうちのいずれか一側から前記稜線(127)に向けて流れるように前記所定のガスを導入してもよい。これにより、所定のガスの流れの状態を反射部材(FM)の2つの反射面(M1, M2)で容易にほぼ同じにできる。ここで、「稜線」としては、反射面で形成されたもの、反射面を含む面によって形成されたものとともに含む。

【0010】また、前記ガス導入装置(128)は、前記2つの反射面(M1, M2)における乱流が抑制される流量差で、前記2つの反射面(M1, M2)に向けて前記所定のガスを導入する複数の導入口(126)を有するとよい。これにより、2つの反射面(M1, M2)における乱流の発生が抑制され、反射部材(FM)の振動や位置ずれが防止される。

【0011】この場合において、前記ガス導入装置(128)は、前記所定のガスを前記空間内に導入するための導入口(126)に配されるフィン(140)を有するとよい。これにより、2つの反射面(M1, M2)における乱流の発生がさらに抑制される。

【0012】また、前記空間内における前記所定のガスの流れの乱れを抑制する乱れ抑制部材(135, 138)を有するとよい。これにより、空間内における渦や乱流の発生が抑制され、反射部材(FM)の振動や位置ずれが防止される。

【0013】この場合において、前記乱れ抑制部材(135, 138)は、前記2つの反射面(M1, M2)と連続する面を有するとよい。これにより、2つの反射面(M1, M2)における渦や乱流の発生が抑制される。

【0014】また、前記乱れ抑制部材(135)は、前

記反射鏡を支持する支持部材(135)であってもよい。これにより、乱れ抑制部材(135)を効率的に空間内に配置できる。

【0015】また、本発明の露光装置(10)は、パターンが形成されたマスク(R)をビームにより照明する照明光学系(21)と、前記マスク(R)のパターンを基板(W)上に転写する投影光学系(PL)とのうちの少なくとも一方を、上述した光学装置で構成することを特徴とする。

【0016】また、本発明は、リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法であって、前記リソグラフィ工程では上述した露光装置(10)を用いてデバイスを製造することを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明に係る光学装置を投影光学系として備える一実施形態に係る半導体デバイス製造用の縮小投影型露光装置10の全体構成を示している。また、図1ではXYZ直交座標系を採用している。XYZ直交座標系は、基板(感光性基板)としてのウエハWを保持するウエハステージWSに対して平行となるようにX軸及びY軸が設定され、Z軸がウエハステージWSに対して直交する方向に設定される。実際には、図中のXYZ直交座標系は、XY平面が水平面に平行な面に設定され、Z軸が鉛直方向に設定される。

【0018】本実施形態に係る露光装置は、露光光源としてF₂レーザ光源を使用している。また、マスク(投影原版)としてのレチクルR上の所定形状の照明領域に対して相対的に所定の方向へレチクルR及びウエハWを同期して走査することにより、ウエハW上の1つのショット領域に、レチクルRのパターン像を逐次的に転写するステップ・アンド・スキャン方式を採用している。このようなステップ・アンド・スキャン型の露光装置では、投影光学系の露光フィールドよりも広い基板(ウエハW)上の領域にレチクルRのパターンを露光できる。

【0019】図1において、露光装置10は、レーザ光源20、このレーザ光源20からの露光ビームILによりレチクルRを照明する照明光学系21、レチクルRから射出される露光ビームILをウエハW上に投射する投影光学系PL、及び装置全体を統括的に制御する不図示の主制御装置等を備えている。

【0020】レーザ光源20は、例えば発振波長157nmのパルス紫外光を出力するF₂レーザを有する。また、レーザ光源20には、図示しない光源制御装置が併設されており、この光源制御装置は、主制御装置からの指示に応じて、射出されるパルス紫外光の発振中心波長及びスペクトル半値幅の制御、パルス発振のトリガ制御、レーザチャンバ内のガスの制御等を行う。

【0021】レーザ光源20からのパルスレーザ光(照明光)は、偏向ミラー30にて偏向されて、光アッテネ

ータとして可変減光器31に入射する。可変減光器31は、ウエハ上のフォトレジストに対する露光量を制御するために、減光率が段階的又は連続的に調整可能である。可変減光器31から射出される照明光は、光路偏向ミラー32にて偏向された後に、第1フライアイレンズ33、ズームレンズ34、振動ミラー35を順に介して第2フライアイレンズ36に達する。第2フライアイレンズ36の射出側には、有効光源のサイズ・形状を所望に設定するための照明光学系開口絞り用の切り替えレボルバ37が配置されている。本実施形態では、照明光学系開口絞りでの光量損失を低減するために、ズームレンズ34による第2フライアイレンズ36への光束の大きさを可変としている。

【0022】照明光学系開口絞りの開口から射出した光束は、コンデンサレンズ群40を介して照明視野絞り（レチクルブラインド）41を照明する。なお、照明視野絞り41については、特開平4-196513号公報及びこれに対応する米国特許第5,473,410号公報に開示されている。

【0023】照明視野絞り41からの光は、偏向ミラー42、45、レンズ群43、44、46からなる照明視野絞り結像光学系（レチクルブラインド結像系）を介してレチクルR上に導かれ、レチクルR上には、照明視野絞り41の開口部の像である照明領域が形成される。レチクルR上の照明領域からの光は、投影光学系PLを介してウエハW上へ導かれ、ウエハW上には、レチクルRの照明領域内のパターンの縮小像が形成される。レチクルRを保持するレチクルステージRSはXY平面内で二次元的に移動可能であり、その位置座標は干渉計50によって計測されかつ位置制御される。また、ウエハWを保持するウエハステージWSもXY平面内で二次元的に移動可能であり、その位置座標は干渉計51によって計測されかつ位置制御される。これらにより、レチクルR及びウエハWを高精度に同期走査することが可能になる。なお、上述したレーザ光源20～照明視野絞り結像光学系等により照明光学系21が構成される。

【0024】図2及び図3は、投影光学系PLの構成の一例をそれぞれ示している。本実施形態では、屈折型の投影光学系が採用される。屈折型の投影光学系の構成例について図2及び図3を参照して説明する。図2の構成例において、投影光学系PLは、投影原版としてのレチクルR上のパターンの中間像を形成する屈折型の第1結像光学系K1と、第1結像光学系K1による中間像の像（2次像）を再結像する反射屈折型の第2結像光学系K2と、第2結像光学系K2による2次像をワークとしてのウエハW上に再結像させる屈折型の第3結像光学系K3とを有している。ここで、第1結像光学系K1と第2結像光学系K2との間の光路中には、光路を90°偏向させるための光路折り曲げ用の反射面M1が配置されており、第2結像光学系K2と第3結像光学系K3との間

の光路中には、光路を90°偏向させるための光路折り曲げ用の反射面M2が配置されている。これらの反射面M1、M2は、光路折り曲げ部材FM上に設けられている。

【0025】また、第1結像光学系K1は、光軸Ax1に沿って配置された複数のレンズ成分を有しており、約1/1.5倍～1/3程度の縮小倍率のもとで中間像を形成する。第2結像光学系K2は、光軸Ax2に沿って配置された単数または複数のレンズ成分と凹面反射鏡CMとを有しており、ほぼ等倍のもとで、第1結像光学系K1による中間像の像（2次像）を形成する。そして、第3結像光学系K3は、光軸Ax3に沿って配置された複数のレンズ成分を有しており、約1/1.5倍～1/3程度の縮小倍率のもとで、第1及び第2結像光学系K1、K2による2次像の像（3次像）をウエハW上に形成する。なお、本例では、光軸Ax1と光軸Ax3とは互いに一致しているが、光軸Ax1と光軸Ax3とは互いに平行且つ不一致であっても良く、また、光軸Ax2は、光軸Ax1または光軸Ax3に対して直交して無くとも良い。

【0026】また、図3の構成例において、投影光学系PLは、投影原版としてのレチクルR上のパターンの中間像を形成する反射屈折型の第1結像光学系K1と、第1結像光学系K1による中間像の像をワークとしてのウエハW上に再結像させる屈折型の第2結像光学系K2とを有している。ここで、レチクルRと第1結像光学系K1との間の光路中には、光路を90°偏向させるための光路折り曲げ用の反射面M1が配置されており、第1結像光学系K1と第2結像光学系K2との間の光路中、すなわち中間像の近傍には、光路を90°偏向させるための光路折り曲げ用の反射面M2が配置されている。これらの反射面M1、M2は、光路折り曲げ部材FM上に設けられている。

【0027】第1結像光学系K1は、光軸Ax2に沿って配置された複数のレンズ成分と凹面反射鏡CMとを有しており、ほぼ等倍またはやや縮小倍率のもとで中間像を形成する。第2結像光学系K2は、光軸Ax2と直交する光軸Ax3上に沿って配置された複数のレンズ成分及びコヒーレンスファクタを制御するための可変開口絞りASを有しており、中間像からの光に基づいて縮小倍率のもとで中間像の像、すなわち2次像を形成する。ここで、第1結像光学系K1の光軸Ax2は光路折り曲げ用反射面M1によって90°折り曲げられて、レチクルRと反射面M1との間に光軸Ax1を定義している。本例では、光軸Ax1と光軸Ax3とは互いに平行であるが、一致はしていない。なお、本例において、光軸Ax1と光軸Ax3とを互いに一致するように配置しても良い。また、光軸Ax1と光軸Ax2とのなす角度を90°とは異なる角度、好ましくは凹面反射鏡CMを反時計回りに回転させた角度としても良い。このとき、反射面

M2での光軸の折り曲げ角度を、レチクルRとウエハWとが平行となるように設定することが好ましい。

【0028】さて、図1に戻り、本実施形態で使用するF₂レーザ光（波長：157nm）のように、真空紫外域の光を露光ビームとする場合には、その光路から酸素、水蒸気、炭化水素系のガス等の、係る波長帯域の光に対し強い吸収特性を有するガス（以下、適宜「吸収性ガス」と呼ぶ）を排除する必要がある。従って、本実施形態では、照明光路（レーザ光源20～レチクルRへ至る光路）及び投影光路（レチクルR～ウエハWへ至る光路）を外部雰囲気から遮断し、それらの光路を真空紫外域の光に対して吸収の少ない特性を有する特定ガスとしての窒素、ヘリウム、アルゴン、ネオン、クリプトンなどのガス、またはそれらの混合ガス（以下、適宜「低吸収性ガス」あるいは「特定ガス」と呼ぶ）で満たしている。

【0029】具体的には、レーザ光源20から可変減光器31までの光路をケーシング60により外部雰囲気より遮断し、可変減光器31から照明視野絞り41までの光路をケーシング61により外部雰囲気より遮断し、照明視野絞り結像光学系をケーシング62により外部雰囲気から遮断し、それらの光路内に上記特定ガスを充填している。なお、ケーシング61とケーシング62はケーシング63により接続されている。また、投影光学系PL自体もその鏡筒69がケーシングとなっており、その内部光路に上記特定ガスを充填している。

【0030】また、ケーシング64は、照明視野絞り結像光学系を含めたケーシング62と投影光学系PLとの間の空間を外部雰囲気から遮断しており、その内部にレチクルRを保持するレチクルステージRSを収納している。このケーシング64には、レチクルRを搬入・搬出するための扉70が設けられており、この扉70の外側には、レチクルRを搬入・搬出時にケーシング64内の雰囲気が汚染されるのを防ぐためのガス置換室65が設けられている。このガス置換室65にも扉71が設けられており、複数種のレチクルを保管しているレチクルストッカ66との間のレチクルの受け渡しは扉71を介して行う。

【0031】また、ケーシング67は、投影光学系PLとウエハWとの間の空間を外部雰囲気から遮断しており、その内部に、ウエハホルダ80を介してウエハWを保持するウエハステージWS、ウエハWの表面のZ方向の位置（フォーカス位置）や傾斜角を検出するための斜入射形式のオートフォーカスセンサ81、オフ・アクシス方式のアライメントセンサ82、ウエハステージWSを載置している定盤83等を収納している。このケーシング67には、ウエハWを搬入・搬出するための扉72が設けられており、この扉72の外側にはケーシング67内部の雰囲気が汚染されるのを防ぐためのガス置換室68が設けられている。このガス置換室68には扉73

が設けられており、装置内部へのウエハWの搬入、装置外部へのウエハWの搬出はこの扉73を介して行う。

【0032】各光路に充填される特定ガスとしては、窒素やヘリウムを用いることが好ましい。窒素は波長が150nm程度以下の光に対して吸光特性が強く、ヘリウムは波長100nm程度以下の光に対して吸光特性が強い。ヘリウムは熱伝導率が窒素の約6倍であり、気圧変化に対する屈折率の変動量が窒素の約1/8であるため、特に高透過率と光学系の結像特性の安定性や冷却性とで優れている。なお、投影光学系PLの鏡筒について特定ガスとしてヘリウムを用い、他の光路（例えばレーザ光源20～レチクルRまでの照明光路など）については特定ガスとして窒素を用いてもよい。

【0033】ここで、ケーシング61, 62, 64, 67のそれぞれには、給気弁100, 101, 102, 103が設けられており、これらの給気弁100～103はガス供給装置（図4参照、符号123）に接続された給気管路に接続されている。また、ケーシング61, 62, 64, 67のそれぞれには、排気弁110, 111, 112, 113が設けられており、これらの排気弁110～113は、それぞれ排気管路を介して不図示のガス排気装置に接続されている。なお、ガス供給装置からの特定ガスは不図示の温度調整装置により所定の目標温度に制御される。特定ガスとしてヘリウムを用いる場合には、温度調整装置は各ケーシングの近傍に配置されることが好ましい。

【0034】同様に、ガス置換室65, 68にも給気弁104, 105と排気弁114, 115とが設けられており、給気弁104, 105は給気管路を介して、排気弁114, 115は排気管路を介して、それぞれ上記ガス供給装置に接続されている。さらに、投影光学系PLの鏡筒69にも給気弁106及び排気弁116が設けられており、給気弁106は給気管路を介して、排気弁116は排気管路を介して上記ガス供給装置に接続されている。

【0035】なお、給気弁100～106が設けられた給気管路と、排気弁110～116が設けられた排気管路とには、HEPAフィルタあるいはULPAフィルタ等の塵（パーティクル）を除去するためのフィルタと、酸素等の吸収性ガスを除去するケミカルフィルタとが設けられている。

【0036】また、ガス置換室65, 68においては、レチクル交換又はウエハ交換等の際にガス置換を行う必要がある。例えば、レチクル交換の際には、扉71を開いてレチクルストッカ66からレチクルをガス置換室65内に搬入し、扉71を閉めてガス置換室65内を特定ガスで満たし、その後、扉70を開いて、レチクルをレチクルステージRS上に載置する。また、ウエハ交換の際には、扉73を開いてウエハをガス置換室68内に搬入し、この扉73を閉めてガス置換室68内を特定ガス

で満たす。その後、扉72を開いてウエハをウエハホルダ80上に載置する。なお、レチクル搬出、ウエハ搬出の場合はこの逆の手順である。また、ガス置換室65、68のガス置換の際には、ガス置換室内の雰囲気を減圧した後に、給気弁から特定ガスを供給しても良い。

【0037】また、ケーシング64、67においては、ガス置換室65、68によるガス置換を行った気体が混入する可能性があり、このガス置換室65、68のガス中にはかなりの量の酸素などの吸収ガスが混入している可能性が高い。そのため、ガス置換室65、68のガス置換と同じタイミングでガス置換を行うことが望ましい。また、ケーシング及びガス置換室においては、外部雰囲気の圧力よりも高い圧力の特定ガスを充填しておくことが好ましい。

【0038】図4は、先の図2に示した投影光学系PLの鏡筒内における特定ガスの流れの様子を示す概略的な断面図である。本実施形態では、投影光学系PLの鏡筒69内における特定ガスの流れの状態が上述した光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1、M2でほぼ同じになるように、鏡筒69内に特定ガスが導入される。

【0039】すなわち、図4において、鏡筒69は、光軸Ax1及び光軸Ax3を中心軸として設けられた第1鏡筒120と、この第1鏡筒120と交差するように光軸Ax2を中心軸として設けられた第2鏡筒121とを含んでおり、これらの鏡筒の内部空間のうち、光路折り曲げ部材FMが配置される第1鏡筒120と第2鏡筒121との交差部分に、主として第2鏡筒121から導入された特定ガスが流れようになっている。第2鏡筒121には、ガス導入用の複数の導入ノズル122が配設されており、ガス供給装置123から給気弁106及び給気管路125を介して鏡筒69に供給された特定ガスの一部は、この複数の導入ノズル122の各導入口126を介して第2鏡筒121内に導入され、その後第1鏡筒120に向けて流れる。なお、上述したガス供給装置123、給気弁106、給気管路125、及び複数の導入ノズル122等により鏡筒69内の空間に特定ガスを導入するガス導入装置128が構成される。また、鏡筒の内部空間のうち、この交差部分以外の他の部分には、他の導入口を介して特定ガスが適宜導入される。

【0040】複数の導入ノズル122は、光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1、M2を含む面が交差してできる稜線127の正面側(凹面反射鏡CM側)に配置されるとともに、稜線127を挟んで2つの反射面M1、M2のそれぞれの側に分かれて配置されている。また、複数の導入ノズル122は、各導入口126が光路折り曲げ部材FMの上記稜線127のやや前方の位置に向くように、光軸Ax3に対して傾けて配置されている。なお、光路折り曲げ部材FMから複数の導入ノズル122までの距離や複数の導入ノズル122の配置角度、及び導入ノズル122の配置数は、複数の導入ノズ

ル122から導入された特定ガスが乱れの少ない安定した状態で、光路折り曲げ部材FMに到達するように定められる。

【0041】図5は、図4に示す矢視A-A図であり、上述した複数の導入ノズル122の配置例を示している。この図5において、複数の導入ノズル122は、少なくとも2つの反射面M1、M2における乱流が抑制される流量差で、2つの反射面M1、M2に向けて特定ガスが導入されるように配設されている。すなわち、複数の導入ノズル122は、光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1、M2のそれぞれの側に同数ずつ(ここでは3つずつ)、上述した稜線127を挟んで対称配置とされている。また、2つの反射面M1、M2のそれぞれの側にはほぼ同流量の特定ガスが導入されるように、各導入ノズル122(導入口126)の開口面積はそれぞれ同じ大きさになっている。

【0042】図4に戻り、前述したように、第1鏡筒120と第2鏡筒121との交差部分において、複数の導入ノズル122の各導入口126は光路折り曲げ部材FMの稜線127のやや前方の位置を向いていることから、複数の導入口126から導入された特定ガスは、上記稜線127の手前で合流し、光軸Ax3に沿って第2鏡筒121から第1鏡筒120に向かって流れる。その後、特定ガスは、上記稜線127を境に分岐し、光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1、M2のそれぞれの面に沿って流れる。複数の導入口126からは、光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1、M2のそれぞれの側にはほぼ同流量の特定ガスが導入されることから、2つの反射面M1、M2のそれぞれの面に沿う特定ガスの流れの状態は、2つの反射面M1、M2でほぼ同じになる。

【0043】本実施形態では、特定ガスの流れの状態が光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1、M2でほぼ同じになることから、その2つの反射面M1、M2に及ぼす特定ガスの流れの影響に偏りが少なく、その流れの影響は2つの反射面M1、M2でほぼ同じとなる。すなわち、2つの反射面M1、M2はともに光軸Ax3に沿って流れてきた特定ガスによる力を受け、その力の方向は主として光軸Ax3にほぼ平行な方向である。また、2つの反射面M1、M2に流れる特定ガスの流量がほぼ同じであり、少なくとも乱流が抑制される流量差であることから、特定ガスが反射面M1、M2に及ぼす力の大きさもほぼ同じである。このように、特定ガスの流れの影響、特にその流れから受ける力が2つの反射面M1、M2でほぼ同じになることにより、光路折り曲げ部材FMの振動や位置ずれが防止される。

【0044】図6及び図7は、図4に示した光路折り曲げ部材FMを支持する支持部材の例を示す概略断面図である。図6において、光路折り曲げ部材FMは、平板状の支持部材130に支持されている。すなわち、光路折

り曲げ部材FMの背面131に支持部材130の一端が固定され、鏡筒69の内周面に支持部材130の他端が固定され、これにより、光路折り曲げ部材FMが鏡筒69の内部空間に位置決めされている。

【0045】この図6の場合、光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1, M2のそれぞれに沿って流れた特定ガスは、光路折り曲げ部材FMの背面131と支持部材130との段差によって渦や乱流を発生させる。こうした渦や乱流は、光路折り曲げ部材FMの振動や位置ずれを生じさせる要因となりやすい。そのため、本実施形態では、図7に示すように、光路折り曲げ部材FMの支持部材が、特定ガスの流れの乱れを抑制するように設けられている。

【0046】すなわち、図7において、光路折り曲げ部材FMの支持部材132は、光路折り曲げ部材FMの背面131との間に段差が生じないように、光路折り曲げ部材FMの背面131と同じ形状及び大きさの接続面133を有して形成されている。さらに、支持部材132は、上記接続面133が光路折り曲げ部材FMの背面131に接続されたときに光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1, M2とそれ連続する（滑らかにつながる）ように形成された面134, 135を有している。この面134, 135は、光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1, M2のそれぞれに沿って流れた特定ガスに渦や乱れあるいは剥離域などが生じないように、例えば湾曲して形成されている。

【0047】この図7の場合、光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1, M2のそれぞれに沿って流れた特定ガスは、大きな渦や乱れあるいは剥離域を生じさせることなく、そのまま支持部材132の面134, 135に沿って流れる。したがって、光路折り曲げ部材FMの振動や位置ずれの発生が抑制される。

【0048】また、この場合、光路折り曲げ部材FMと支持部材132との間に段差がないことから、ガスがよどんで滞留するといったことが生じにくい。光路上のガスのよどみは、吸収性ガスの残留を招き、露光ビームの照度低下や照度ムラにつながりやすいが、本実施形態ではこうした恐れが少ない。なお、図7に示すように、光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1, M2、及び支持部材132の面134, 135に沿って流れた特定ガスが、その流れの方向を大きく変化させることなく排出されるように、排気口136（排気管路）を支持部材132の周辺に設けるとよい。これにより、ガスのよどみを確実に防止できる。

【0049】図8は、図7に示した光路折り曲げ部材FM及び支持部材132を、反射面M1への光の入射方向（Z方向）に見た図である。前述したように、本実施形態では、先の図4に示した特定ガスの導入ノズル122が光路折り曲げ部材FMの稜線127の正面側に配置されていることから、特定ガスは、稜線127の正面側か

ら稜線127に向かって流れる。そのため、特定ガスが稜線127を境に分岐されて、特定ガスの流れの状態が光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1, M2（図7参照）でほぼ同じになりやすいという利点がある。しかしながら、特定ガスを流す方向は、この図8に示す方向に限らず他の方向でもよい。

【0050】例えば、図9に示すように、特定ガスの導入ノズルを稜線127の側面側に配置し（不図示）、特定ガスを光路折り曲げ部材FMの稜線127の側面側から稜線127に向けて流すようにしてもよい。この場合、稜線127に対してほぼ平行に特定ガスが流れ、特定ガスの流れの状態が光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1, M2でほぼ同じになる。また、後述するように、光路折り曲げ部材FMの稜線127の背面側から稜線127に向けて特定ガスを流してもよい。このように、光路折り曲げ部材FMの稜線127の正面側、背面側、及び側面側のうちのいずれか一側から稜線127に向けて流れるように特定ガスを導入することにより、2つの反射面M1, M2を流れる特定ガスの流量やその流れの方向がほぼ同じとなり、その流れの影響が2つの反射面M1, M2でほぼ同じとなる。なお、稜線127の側面側や背面側から稜線127に向けて特定ガスを流す場合には、光路折り曲げ部材FMやその支持部材が流れの抵抗とならないように考慮するのが好ましい。

【0051】図10は、特定ガスを光路折り曲げ部材FMの稜線127の側面側から稜線127に向けて流す場合において、光路折り曲げ部材FMやその支持部材が流れの抵抗とならないように構成された例を示す図である。図10において、光路折り曲げ部材FMの支持部材137は、特定ガスの流れに対して抵抗が少なくなるように、その流れの方向の断面積が小さく形成されている。また、光路折り曲げ部材FMの両側面には、特定ガスの流れに対して光路折り曲げ部材FMの抵抗が少なくなるように、乱れ抑制部材138が配設されている。この乱れ抑制部材138は、光路折り曲げ部材FMとの間に段差が生じないように、光路折り曲げ部材FMの側面と同じ形状及び大きさの接続面と、光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1, M2とそれ連続する（滑らかにつながる）ように形成された面とを有して形成されている。さらに、乱れ抑制部材138は、特定ガスの流れの方向に向かってその断面積が最小から徐々に大きくなって光路折り曲げ部材FMの側面に到達し、他方の側面からその断面積が徐々に小さくなって最小となるように形成されている。このように、特定ガスの流れに対して抵抗が少なくなるように支持部材や乱れ抑制部材が設けられることにより、渦や乱れあるいは剥離域の発生が確実に抑制される。

【0052】また、図11及び図12は、先の図4に示した特定ガス導入用の導入ノズル122の構造例を示している。図11において、導入ノズル122の内部に

は、フィン140が配設されている。フィン140は、断面が十字状になるように組み合わされた板状の部材からなり、導入ノズル122の導入口126から内部に延びて配設されている。この場合、フィン140によって導入口126での特定ガスの流路が分割されることにより、導入ノズル122を介して導入される特定ガスによる乱流の発生が抑制される。なお、フィンの形状や大きさ、数量は、図11に示したものに限らず、図12に示すように、複数の円筒状の板状部材を組み合わせたフィン141を用いてもよく、あるいは星型の板状部材を用いたものでもよい。

【0053】このように、本実施形態の露光装置10では、投影光学系PLの光路折り曲げ部材FMの2つの反射面M1、M2で、特定ガスの流れの状態がほぼ同じになることにより、特定ガスの流れの影響が2つの反射面M1、M2でほぼ同じとなり、光路折り曲げ部材FMの振動や位置ずれが防止される。しかも、渦や乱れ、あるいは剥離域といった光路折り曲げ部材FMに力を及ぼす現象の発生が抑制されるので、上述した振動や位置ずれがより生じにくい。したがって、露光ビームがウエハWに安定的に正しく届き、レチクルRのパターン像が精度よくウエハW上に転写（露光）される。

【0054】図13は、上述した投影光学系PLにおけるガス導入装置の他の形態を示している。図13において、鏡筒69は、光軸Ax1及び光軸Ax3を中心軸として設けられた第1鏡筒151と、この第1鏡筒150と交差するように光軸Ax2を中心軸として設けられた第2鏡筒151とを含んでおり、仕切り部材152によって光軸Ax2を中心とする第2鏡筒151の内部空間が他の鏡筒の内部空間から隔離されている。仕切り部材152は、主として露光ビームを透過する透過部材（蛍石、フッ素をドープした石英、ガラス、プラスチックなどからなる平行平板など）からなり、第2鏡筒151の内周面となるべく滑らかにつながるように形成及び配置される。また、支持部材153に支持された光路折り曲げ部材FMの稜線127の背面側に、複数の導入ノズル154が配置されており、ガス供給装置123、給気弁106、給気管路125、及び複数の導入ノズル154を介して、特定ガスが光路折り曲げ部材FMの稜線127の背面側から稜線127に向けて流れるように構成されている。なお、上述したガス供給装置123、給気弁106、給気管路125、仕切り部材152、及び複数の導入ノズル154等によりガス導入装置155が構成される。

【0055】図13の場合、光路折り曲げ部材FMを囲む第2鏡筒151の内部空間が隔離され、その軸方向に沿って透過ガスが導入されて流れることから、特定ガスが少ない抵抗でよどみなく流れやすく、光路折り曲げ部材FMの周囲だけでなく、第2鏡筒151の内部空間全体で、渦や乱れあるいは剥離域などの発生が抑制され

る。これにより、光路折り曲げ部材FMの振動や位置ずれが確実に防止される。なお、仕切り部材152は、第2鏡筒151の内部空間を流れる特定ガスの抵抗を少なうすればよく、第2鏡筒151を他の鏡筒の内部空間から完全に隔離する必要はない。また、仕切り部材152としては、ガラスやプラスチックなどを用いるものに限らず、ガスの流れを利用して空間を仕切るガスカーテンなどを用いてもよい。

【0056】なお、上述した実施形態において示した動作手順、あるいは各構成部材の諸形状や組み合わせ等は一例であって、本発明の主旨から逸脱しない範囲においてプロセス条件や設計要求等に基づき種々変更可能である。

【0057】前述したように、本発明における「互いに所定の角度をなす2つの反射面を有する反射部材」としては、2つの反射面が1つの部材に形成されたもの、2つの反射面がそれぞれ異なる部材に形成されたものをともに含む。2つの反射面がそれぞれ異なる部材に形成されたものとしては、例えば図14に示すように、2つの反射部材FM1、FM2を組み合わせたものが挙げられる。この場合、各反射面を含む面によって稜線160が形成される。

【0058】また、ガス供給装置としては、例えば、露光装置の全体が収納されているチャンバの外部に設置されたポンベに、特定ガス（ヘリウムガスや窒素ガスなど）が高純度の状態で圧縮又は液化されて貯蔵されたものが用いられる。そして、必要に応じてそのポンベから取り出された特定ガスが各ケーシングや鏡筒内に供給される。また、ガス排気装置としては、例えば真空ポンプを有するものや、クライオポンプを有するものが用いられる。ここで、クライオポンプは、真空ポンプの一種であり、活性炭や合成フッ化石などのソベントを窒素等の冷媒で冷やす形式のもので、真空中に極低温（10～15K）に冷却された面（クライオパネル）を置き、この面で気体（H₂、He、Ne以外の気体、例えばN₂、Ar等）を吸着して、高真空を作り出すものである。

【0059】また、特定ガスとしては、ヘリウムガスに限らず、窒素、アルゴンや、ネオン、クリプトン、キセノン、ラドン等の不活性ガスを用いてもよい。

【0060】また、投影光学系としては、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英、蛍石、フッ素をドープした石英、フッ化バリウム、フッ化リチウムなどの遠紫外線を透過する材料を用いる。

【0061】また、各ケーシングや鏡筒、特定ガスの供給配管等は、研磨などの処理によって、表面粗さが低減されたステンレス（SUS）等の材質を用いることにより、脱ガスの発生を抑制できる。

【0062】また、本発明が適用される露光装置は、露光用照明ビームに対してマスク（レチクル）と基板（ウエハ）とをそれぞれ相対移動する走査露光方式（例え

ば、ステップ・アンド・スキャン方式など)に限られるものではなく、マスクと基板とをほぼ静止させた状態でマスクのパターンを基板上に転写する静止露光方式、例えばステップ・アンド・リピート方式などでもよい。さらに、基板上で周辺部が重なる複数のショット領域にそれぞれパターンを転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置などに対しても本発明を適用することができる。また、投影光学系は縮小系、等倍系、及び拡大系のいずれでもよいし、反射屈折系、及び反射系のいずれでもよい。さらに、投影光学系を用いない、例えばプロキシミティ方式の露光装置などに対しても本発明を適用できる。

【0063】また、光源としては、F₂レーザに限らず、発振波長248nmのKrFエキシマレーザや、発振波長193nmのArFエキシマレーザ、波長約120nm～約180nmの真空紫外域に属する光を発するレーザ、例えば発振波長146nmのクリプトンダイマーレーザ(Kr2レーザ)、発振波長126nmのアルゴンダイマーレーザ(Ar2レーザ)などを用いてもよい。また、紫外光を発するレーザ光源だけでなく、光源として、YAGレーザ又は半導体レーザなどの高調波発生装置、SOR、レーザプラズマ光源などでもよい。

【0064】また、本発明が適用される露光装置は、半導体デバイス製造用に限られるものではなく、液晶表示素子、ディスプレイ装置、薄膜磁気ヘッド、撮像素子(CCDなど)、マイクロマシン、及びDNAチップなどのマイクロデバイス(電子デバイス)製造用、露光装置で用いられるフォトマスクやレチクルの製造用などでもよい。

【0065】また、本発明は露光装置だけでなく、光源装置を備え、デバイス製造工程で使用される他の製造装置(検査装置などを含む)に対しても適用することができる。

【0066】また、上述したウエハステージやレチクルステージにリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもいい。また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもいいし、ガイドを設けないガイドレスタイプでもよい。さらに、ステージの駆動系として平面モータを用いる場合、磁石ユニット(永久磁石)と電機子ユニットのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットの他方をステージの移動面側(定盤、ベース)に設ければよい。

【0067】また、ウエハステージの移動により発生する反力は、特開平8-166475号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がしてもよい。本発明は、このような構造を備えた露光装置においても適用可能である。

【0068】また、レチクルステージの移動により発生する反力は、特開平8-330224号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がしてもよい。本発明は、このような構造を備えた露光装置においても適用可能である。

【0069】また、本発明が適用される露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行なうことが望ましい。

【0070】また、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行う工程、この設計ステップに基づいたマスク(レチクル)を製作する工程、シリコン材料からウエハを製造する工程、前述した露光装置によりレチクルのパターンをウエハに露光するウエハ処理工程、デバイス組み立て工程(ダイシング工程、ポンディング工程、パッケージ工程を含む)、検査工程等を経て製造される。

【0071】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光学装置によれば、空間内に導入される所定のガスの流れの状態が反射部材の2つの反射面でほぼ同じになることから、反射面に及ぼすガスの流れの影響が2つの反射面でほぼ同じとなり、反射部材の振動や位置ずれが防止される。したがって、安定した光学性能を得ることができる。また、マスクを照明したビームがウエハに安定的に正しく届くことから、レチクルのパターン像を精度よくウエハ上に転写できる。また、本発明のデバイスの製造方法によれば、露光精度の向上により、形成されるパターンの精度が向上したデバイスを提供できる。

【図面の簡単な説明】

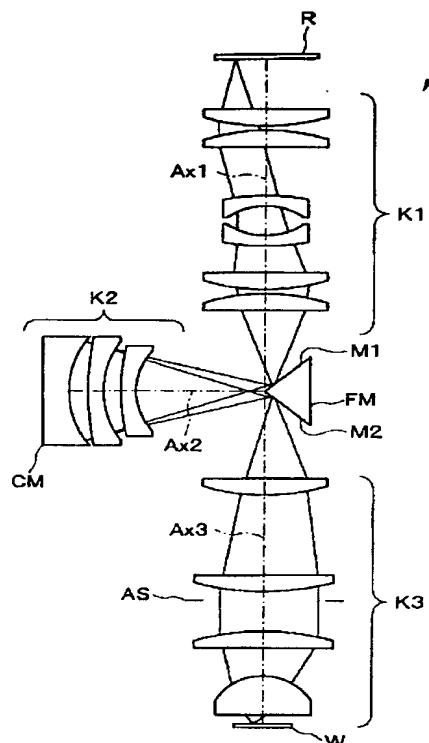
【図1】 本発明に係る光学装置を投影光学系として備える一実施形態に係る半導体デバイス製造用の縮小投影型露光装置の全体構成を示す図である。

【図2】 投影光学系の構成の一例を示す図である。

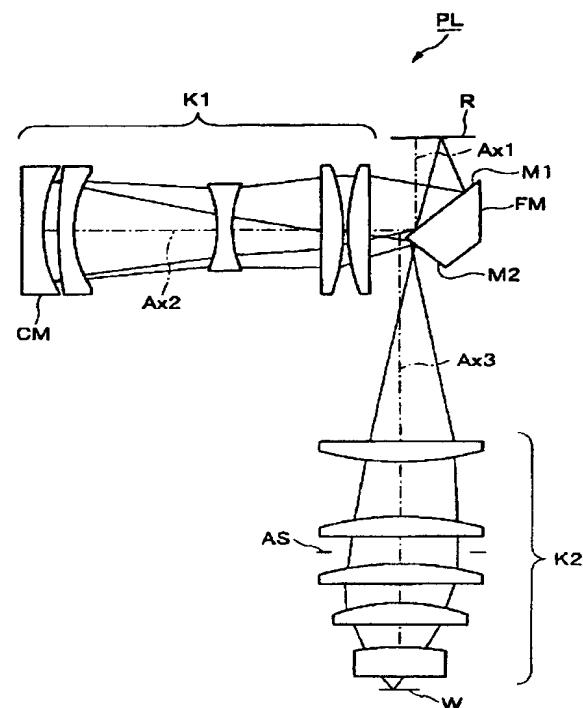
【図3】 投影光学系の構成の他の例を示す図である。

【図4】 投影光学系の鏡筒内における特定ガスの流れ

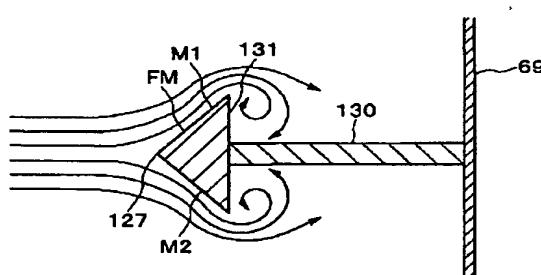
【図2】



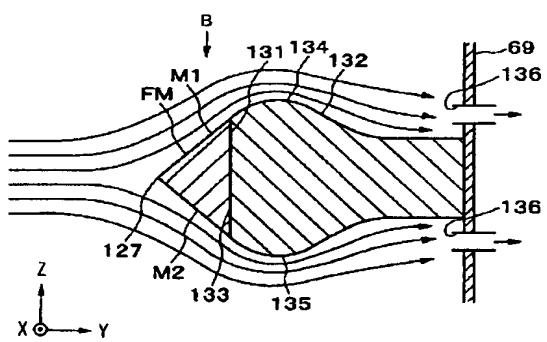
【図3】



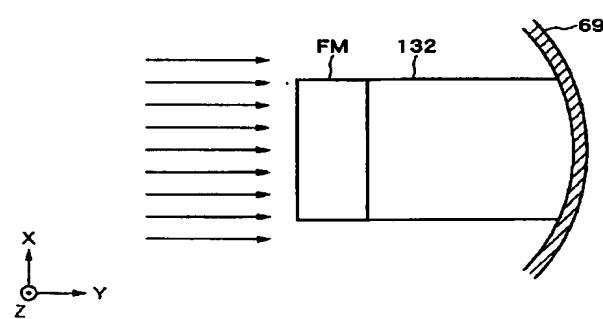
【図6】



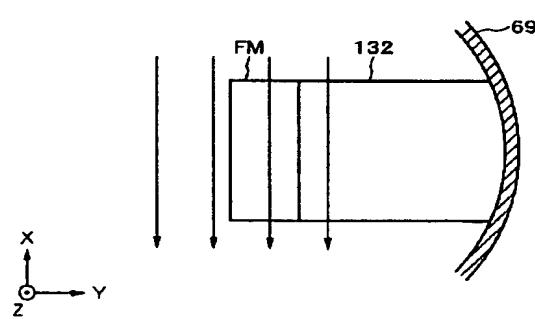
【図7】



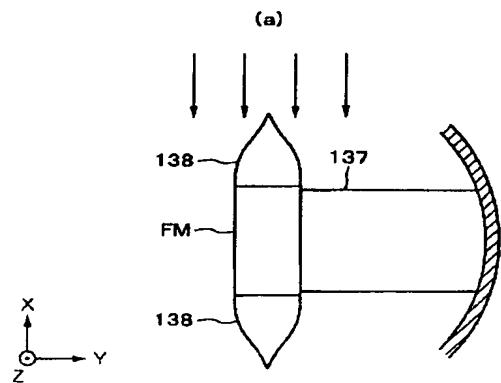
【図8】



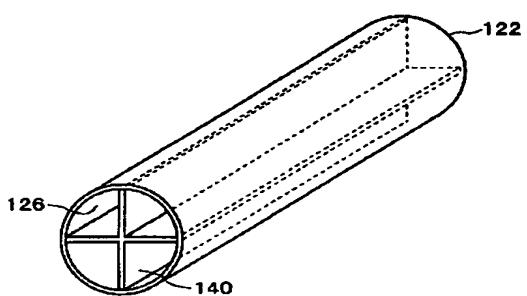
【図9】



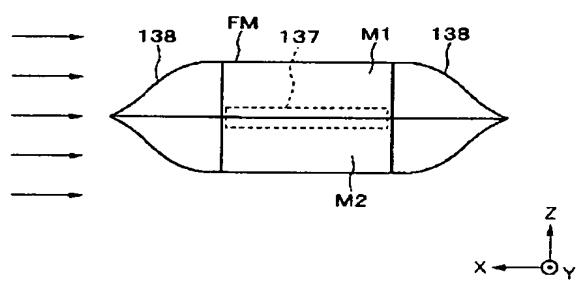
【図10】



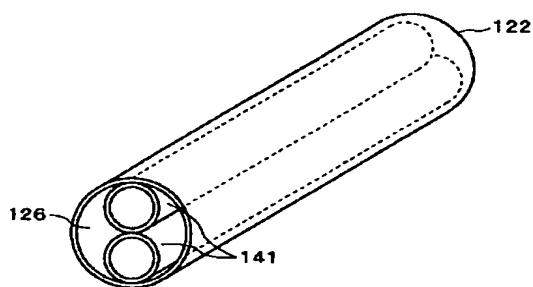
【図11】



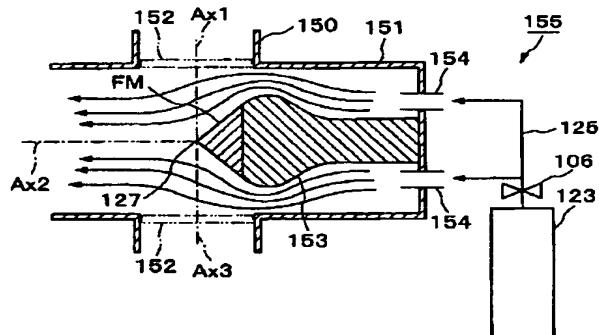
(b)



【図12】



【図13】



Publication number: 2003-133198

(Abstract)

PURPOSE: To provide an optical apparatus in which vibration and position shift of reflection elements due to flow of gas being introduced into a space are prevented so that a stable optical performance is ensured.

CONSTITUTION: An optical apparatus PL includes a reflection element FM having two reflection surfaces M1 and M2 having a predetermined angle therebetween that are disposed in a space into which a predetermined gas is introduced. The optical apparatus PL further includes a gas introducing device 128 which introduces the predetermined gas into the space in such a manner that the states of the gas flow near the reflection surfaces M1 and M2 are substantially the same.